

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
24 octobre 2002 (24.10.2002)

PCT

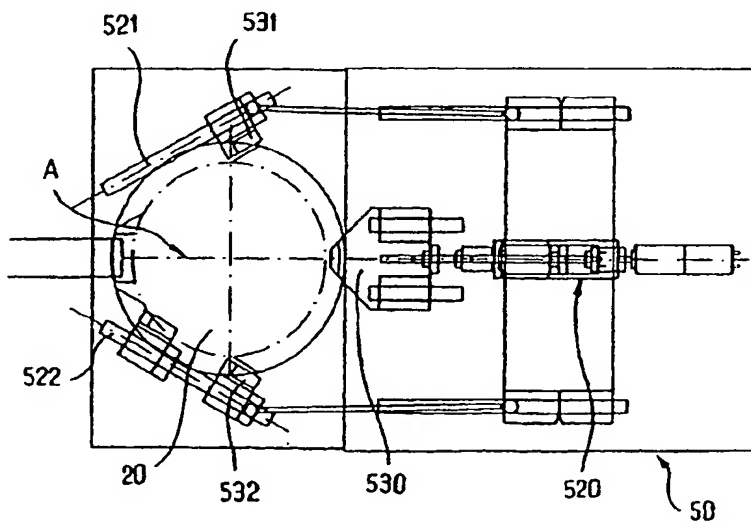
(10) Numéro de publication internationale
WO 02/083387 A1

- (51) Classification internationale des brevets : B28D 5/00, H01L 21/00, B32B 35/00
- (21) Numéro de la demande internationale : PCT/FR02/01253
- (22) Date de dépôt international : 10 avril 2002 (10.04.2002)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
0104937 10 avril 2001 (10.04.2001) FR
0113951 29 octobre 2001 (29.10.2001) FR
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : S.O.I.TEC. SILICON ON INSULATOR TECHNOLOGIES [FR/FR]; Parc Technologique des Fontaines, Chemin des Franques, F-38190 Bernin (FR).
- (72) Inventeurs; et
- (73) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : MARTINEZ, Muriel [FR/FR]; 3, rue Casimir Brenier, F-38120 Saint Egrève (FR). BARGE, Thierry [FR/FR]; 38, rue Félix Esclançon, F-38000 Grenoble (FR). SOUBIE, Alain [FR/FR]; 3, rue Casimir Brenier, F-38120 Saint Egrève (FR). LAGAHE, Chrystelle [FR/FR]; 38, avenue Jean Jaurès, F-38380 Saint Laurent du Pont (FR).
- (74) Mandataires : MARTIN, Jean-Jacques etc.; Cabinet Regimbeau, 20, rue de Chazelles, F-75847 Paris Cedex 17 (FR).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: SUBSTRATE- LAYER CUTTING DEVICE AND METHOD ASSOCIATED THEREWITH

(54) Titre : DISPOSITIF DE COUPE DE COUCHE D'UN SUBSTRAT, ET PROCEDE ASSOCIE



(57) Abstract: The invention relates to a device (40) for automatic high-precision cutting of a layer of material joined to a substrate source by means of an embrittled area, said source substrate and layer forming a set which is to be cut and said device comprising cutting means (531, 532) in addition to means (510) for maintaining the position of the set which is to be cut, characterized in that the cutting means comprise a blade which acts upon the set which is to be cut. The invention also relates to a method for using said device.

[Suite sur la page suivante]

BEST AVAILABLE COPY



(81) États désignés (*national*) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale

(84) États désignés (*régional*) : brevet ARIPO (GI, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(57) Abrégé : L'invention concerne selon un premier aspect un dispositif (50) de coupe automatique de haute précision d'une couche de matériau qui est solidaire d'un substrat source par l'intermédiaire d'une zone fragilisée, le substrat source et la couche à couper formant un ensemble à couple, le dispositif comprenant des moyens de coupe (531, 532) ainsi que des moyens (510) de maintien de la position de l'ensemble à couper, caractérisé en ce que les moyens de coupe comprennent une lame pour attaquer l'ensemble à couper. Selon un deuxième aspect, l'invention concerne également un procédé de mise en oeuvre d'un tel dispositif.

DISPOSITIF DE COUPE DE COUCHE D'UN SUBSTRAT, ET PROCEDE ASSOCIE

La présente invention concerne de manière générale le traitement des matériaux, et plus particulièrement de substrats pour l'électronique, l'optique ou l'optroélectronique.

Plus précisément, l'invention concerne un dispositif de coupe
5 automatique de haute précision d'une couche de matériau qui est solidaire d'un substrat source par l'intermédiaire d'une zone fragilisée, le substrat source et la couche à couper formant un ensemble à couper, le dispositif comprenant des moyens de coupe ainsi que des moyens de maintien de la position de l'ensemble à couper.

10 On précise que par « coupe » on entend dans ce texte l'opération consistant à diviser en deux parties disjointes un même élément ou ensemble, et à garantir que lesdites parties ne se réunissent pas à nouveau.

Comme on va le voir, une telle coupe est dans le cadre de l'invention
15 réalisée au niveau d'une zone fragilisée.

Et l'invention concerne également un procédé de coupe automatique de haute précision d'une couche de matériau qui est solidaire d'un substrat source par l'intermédiaire d'une zone fragilisée, le substrat source et la couche à couper formant un ensemble à couper, le procédé comprenant :

- 20
- le positionnement de l'ensemble à couper par rapport à des moyens de maintien,
 - la coupe de la couche par des moyens de coupe.

On précise que l'invention est particulièrement adaptée à la coupe de couches, dont l'épaisseur est inférieure à une centaine de microns, et en
25 particulier à la coupe de couches dites "minces", dont l'épaisseur est de l'ordre du micron.

Des dispositifs et procédés tels qu'évoqués ci-dessus sont utilisés pour constituer des couches (minces ou non), qui peuvent être destinées à être transférées du substrat source auquel elles ont été prélevées vers un
30 support dit « support cible ».

Les substrats se présentent généralement sous la forme de disques appelés « wafers » selon la terminologie anglo-saxonne répandue. Les

wafers peuvent être réalisés dans un matériau semiconducteur tel que le silicium.

Il est connu de constituer à l'intérieur d'un wafer une zone fragilisée selon un plan parallèle aux faces principales du wafer.

5 La zone fragilisée peut être réalisée par implantation d'ions bombardés sur la surface du wafer, ces ions créant dans le volume du wafer une couche fragilisée délimitant une région supérieure (qui correspond dans le cadre de ce texte au substrat source) et une région inférieure adjacente à la source d'ions (qui correspond dans le cadre de ce
10 texte à la couche qui sera coupée).

On trouvera dans le document FR 2 681 472 un exemple d'un tel procédé, qui permet de réaliser des couches minces.

Il est également possible de réaliser la zone fragilisée par tout autre moyen connu en soi, par exemple en construisant une région intermédiaire
15 de matériau poreux entre deux régions de matériau dense, en constituant une couche d'oxyde enterrée dans un substrat (par exemple un substrat de type SOI (Silicon On Insulator selon la terminologie anglo-saxonne répandue), ou encore en effectuant un collage de deux couches, la zone de collage correspondant à la zone fragilisée.

20 Pour réaliser la coupe au niveau de la zone fragilisée et constituer avec le substrat source et la couche à couper deux éléments disjoints, il est possible de faire appel à un opérateur manuel.

Mais le recours à un opérateur manuel constitue un facteur limitant pour la cadence de production des couches.

25 De plus, dans ce cas la reproductibilité des opérations n'est pas garantie.

On connaît également des dispositifs et procédés de coupe automatique, qui visent à s'affranchir des inconvénients précités.

Un exemple d'un tel dispositif et procédé est divulgué dans le
30 document EP 925 888.

Le dispositif de ce document utilise l'impact d'un jet d'eau sur la tranche d'un wafer qui est par ailleurs maintenus sur ses deux faces

principales, pour attaquer une zone fragilisée et diviser le wafer en deux parties.

Mais un tel dispositif reste de conception et de fonctionnement relativement complexe. En particulier, il nécessite de prévoir des disposition
5 spécifiques pour que les moyens de maintien associés aux deux faces respectives du wafer autorisent un certain écartement des deux parties du wafer.

De plus, les moyens de maintien doivent également mettre le wafer en rotation pour que la totalité de la périphérie de celui-ci soit attaquée par
10 le jet d'eau, ce qui complexifie encore la conception et le fonctionnement du dispositif.

Le document EP 989 593 divulgue également un dispositif et un procédé de coupe de couche.

Mais ici encore, il est nécessaire de prévoir un arrangement
15 complexe, en particulier pour maintenir les deux parties du wafer que l'on veut diviser.

Un but de l'invention est de s'affranchir des inconvénients mentionnés ci-dessus en permettant de réaliser la coupe de couches, en particulier de couches minces, de manière particulièrement fiable et simple.

20 Un autre but de l'invention est de permettre en outre de réaliser une telle coupe sans endommager les surfaces respectives de la couche coupée et du substrat auquel la couche est reliée par l'intermédiaire de la zone fragilisée.

Un autre but de l'invention est de permettre en outre de contrôler
25 finement les paramètres de l'opération de coupe, pour prévenir l'endommagement des wafers et adapter la cinématique de cette opération à différents types de wafer.

Afin d'atteindre ces buts, l'invention propose selon un premier aspect un dispositif de coupe automatique de haute précision d'une couche de
30 matériau qui est solidaire d'un substrat source par l'intermédiaire d'une zone fragilisée, le substrat source et la couche à couper formant un ensemble à couper, le dispositif comprenant des moyens de coupe ainsi

que des moyens de maintien de la position de l'ensemble à couper, caractérisé en ce que les moyens de coupe comprennent une lame pour attaquer l'ensemble à couper.

- Des aspects préférés, mais non limitatifs du dispositif selon l'invention sont les suivants :
- les moyens de maintien comprennent une cale,
 - la cale est fixe,
 - la lame est mobile,
 - les moyens de maintien sont disposés de manière à recevoir en butée un côté de l'ensemble à couper qui est généralement opposé au côté de l'ensemble à couper qui est attaqué par la lame,
 - les moyens de maintien consistent en un ensemble de cale,
 - les moyens de maintien consistent en une cale unique.
 - les moyens de maintien sont adaptables de manière à maintenir l'ensemble à couper uniquement dans le plan de coupe de la lame une fois que la lame a commencé à attaquer l'ensemble à couper, laissant ledit ensemble à couper libre selon la direction perpendiculaire audit plan de coupe,
 - la lame est associée à des moyens de réglage de position de lame selon la direction perpendiculaire au plan de coupe, permettant de positionner la lame à proximité de la zone fragilisée de l'ensemble à couper,
 - la lame est montée sur des moyens de déplacement automatique,
 - lesdits moyens de déplacement automatique assurent une translation contrôlée de la lame dans le plan de coupe,
 - ladite translation contrôlée est une translation uniforme,
 - le bord d'attaque de la lame a un contour circulaire correspondant au contour de l'ensemble à couper,
 - le bord d'attaque de la lame couvre le quart de la périphérie de l'ensemble à couper,

- les moyens de coupe comprennent un premier moyen de coupe, et un deuxième moyen de coupe,
- le dispositif comprend également un capteur apte à acquérir un paramètre représentatif du déroulement de la coupe par le premier
- 5 moyen de coupe, et des moyens pour déclencher la mise en œuvre du deuxième moyen de coupe lorsque ledit paramètre atteint une valeur prédéterminée,
- ledit paramètre est lié à une mesure de l'écartement entre les parties du wafer à couper,
- 10 • le premier moyen de coupe comprend une lame et le deuxième moyen de coupe comprend deux lames agencées symétriquement par rapport à l'ensemble à couper,
- chaque lame du deuxième moyen de coupe est montée à déplacement
- 15 sur des moyens de déplacement et le bord d'attaque de chaque lame est orienté de manière à attaquer l'ensemble à couper tangentiellement sur une portion de sa périphérie.

Selon un deuxième aspect, l'invention propose également un procédé de coupe automatique de haute précision d'une couche de matériau qui est solidaire d'un substrat source par l'intermédiaire d'une

20 zone fragilisée, le substrat source et la couche à couper formant un ensemble à couper, le procédé comprenant :

- ✓ le positionnement de l'ensemble à couper par rapport à des moyens de maintien,
- ✓ la coupe de la couche par des moyens de coupe,
- 25 caractérisé en ce que la coupe est effectuée au moyen d'une lame des moyens de coupe associée à des moyens de déplacement tandis que les moyens de maintien bloquent l'ensemble à couper dans le plan de coupe.

Des aspects préférés, mais non limitatifs du procédé selon l'invention sont les suivants :

- 30 • le procédé comprend l'engagement de la lame dans une encoche de l'ensemble à couper, ladite encoche se trouvant à proximité de la zone fragilisée,

- ladite encoche est une encoche de forme générale annulaire,
- le procédé comprend l'auto-ajustement, selon la direction perpendiculaire au plan de coupe, des positions relatives de l'ensemble à couper et de la lame lors de l'engagement de la lame et de l'ensemble
- 5 à couper, par coopération du bord d'attaque de la lame et de la section concave de l'encoche,
- on suit l'onde de décollement de la couche à couper par analyse de la lumière transmise au travers des faces principales de l'ensemble à couper,
- 10 • les mouvements des moyens de déplacement de la lame sont asservis à l'observation du décollement de la couche à couper.
- les mouvements des moyens de déplacement de la lame sont asservis à des mesures d'efforts reçus par un élément mobile qui attaque l'ensemble à couper,
- 15 • on recueille au moins un paramètre représentatif du déroulement de la coupe lors d'une première phase de coupe réalisée par un premier moyen de coupe, et on commande en fonction de la valeur de ce paramètre le déclenchement d'une deuxième phase de coupe réalisée par un deuxième moyen de coupe,
- 20 • le premier moyen de coupe est une lame attaquant l'ensemble à couper en un premier endroit, et le deuxième moyen de coupe attaque l'ensemble à couper à distance de la partie dudit ensemble recevant l'attaque du premier moyen de coupe,
- le deuxième moyen de coupe comprend deux lames situées de part et
- 25 d'autre de l'ensemble à couper, et déplacées symétriquement par rapport à cet ensemble.

D'autres aspects, buts et avantages de l'invention apparaîtront mieux à la lecture suivante d'une forme de réalisation de l'invention, faite à titre d'exemple non limitatif en référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique en élévation de dessus d'ensemble d'un premier mode de réalisation d'un dispositif de coupe selon l'invention, sur laquelle est défini le plan de section II-II,
- les figures 2a et 2b sont deux vues schématiques en section selon le
5 plan II-II d'un wafer comportant une zone fragilisée, positionné dans un dispositif de coupe tel que celui de la figure 1,
- la figure 3 est une représentation schématique agrandie en élévation de côté d'une lame d'un dispositif tel que celui de la figure 1 lors de son attaque d'un wafer en vue d'en découper une couche,
- 10 • la figure 4 est une vue schématique agrandie en élévation de dessus d'un bord de lame d'un dispositif tel que celui de la figure 1, à proximité de la zone d'attaque du wafer
- les figures 5a et 5b sont respectivement une vue de dessus et une vue de côté correspondante d'un second mode de réalisation d'un dispositif
15 de coupe selon l'invention, comprenant des moyens perfectionnés de coupe qui sont mis en œuvre lors de deux phases successives,
- la figure 6 est une figure analogue à la représentation de la figure 3, qui illustre schématiquement les interfaces d'un wafer soumis à une opération de coupe,
- 20 • la figure 7 est une représentation schématique de dessus des moyens du dispositif des figures 5a et 5b qui permettent d'effectuer la coupe d'une couche de wafer dans une première position desdits moyens qui correspond à une première phase des opérations de coupe,
- la figure 8 est une représentation similaire à la représentation de la
25 figure 7, dans laquelle les moyens de coupe ont une deuxième position correspondant à une deuxième phase des opérations de coupe,
- la figure 9 est une vue de détail de certains moyens de coupe du dispositif qui correspond à un deuxième mode de réalisation de l'invention,
- 30 • les figure 10a et 10b représentent en vue de dessus deux formes possibles des moyens de coupe de la figure 9,

- la figure 11 illustre schématiquement la pénétration d'une lame dans un wafer.

En référence tout d'abord à la figure 1, on a représenté un dispositif de coupe 10 selon un premier mode de réalisation de l'invention, avec un
5 wafer 20. Le wafer constitue un ensemble à couper.

Le dispositif 10 est destiné à couper une couche du wafer selon un plan de coupe parallèle aux faces du wafer (c'est à dire parallèle au plan de la figure 1, que l'on définit comme le plan horizontal). La couche sera ainsi coupée du substrat source, qui constitue le reste du wafer 20.

10 On précise que par convention la vue de la figure 1 est dite vue de dessus, et on se référera pour l'ensemble de cette description à la direction verticale comme étant la direction perpendiculaire au plan moyen du wafer.

Le wafer 20 a une forme classique circulaire. Ce wafer comprend un substrat dit substrat source en un matériau semiconducteur tel que du
15 silicium, ledit substrat comprenant lui-même une zone fragilisée telle qu'évoquée ci-dessus.

La zone fragilisée s'étend selon un plan intermédiaire du wafer parallèle aux faces principales de ce wafer.

Et la zone fragilisée définit dans le substrat une couche, qui est
20 destinée à être prélevée du wafer (par exemple pour transférer cette couche sur un support cible).

A la périphérie du wafer, on a représenté par deux cercles concentriques un chanfrein annulaire 21 qui entoure le wafer.

Pour des raisons de clarté, l'écart entre les deux cercles qui figurent
25 le chanfrein 21 a été exagérément grossi par rapport au diamètre du wafer.

Ce chanfrein est situé dans la paroi latérale du wafer, à distance des faces supérieure et inférieure dudit wafer. On reviendra dans la suite de ce texte sur ce chanfrein et sur son rôle.

Le wafer 20 est posé sur la partie centrale 102 d'un châssis fixe et
30 plan 100, ledit châssis supportant également une cale 110 et un support de déplacement 120 d'une lame 130 fixée sur ce support de déplacement.

La cale 110 est fixée (par exemple par des vis) sur une partie d'extrémité 103 du châssis 100, ledit châssis 100 comprenant en réalité deux parties d'extrémité 101 et 103 qui entourent la partie centrale 102 qui est quant à elle amovible.

5 La cale 110 présente une section 111 qui est en contact avec la paroi latérale du wafer. La section 111 a une géométrie concave circulaire complémentaire de celle de la portion de wafer qu'elle reçoit. La section 111 est droite selon la direction verticale (comme cela apparaît clairement sur les figures 2a et 2b).

10 Cette section 111 peut également avoir toute autre géométrie dont la coopération de formes avec la paroi du wafer 20 autorise les mouvements de ce dernier dans la direction verticale perpendiculaire au plan de coupe de la lame.

En particulier, cette section 111 pourra présenter une légère encoche
15 ou saillie, afin de favoriser encore l'auto-ajustement de la position du wafer par rapport au dispositif (cet aspect d'auto-ajustement sera détaillé ci-dessous).

Sur l'exemple illustratif de la figure 1, la section 111 de la cale couvre ainsi un peu plus d'un quart de la périphérie du wafer. Dans une variante,
20 cette section peut couvrir un quart de la périphérie du wafer. Et en tout état de cause, cette section doit couvrir une partie de la périphérie du wafer suffisante pour assurer le maintien du wafer soumis à l'attaque d'une lame (comme cela va être décrit).

Le wafer 20 a été amené en butée contre la section 111 droite de la
25 cale, à la main ou bien par des moyens de manutention automatiques adaptés.

Le support de déplacement 120 est fixé sur la partie 101 du châssis fixe 100. Ce support porte par ailleurs la lame 130, pour déplacer ladite lame en translation vers le wafer (dans le sens de la flèche F).

30 La lame 130 comporte une section 131 destinée à attaquer le wafer – on appellera cette section 131 le bord d'attaque de la lame.

Le bord d'attaque 131 a comme la section 111 de la cale une géométrie concave circulaire. Cette géométrie circulaire est alors généralement complémentaire de celle de la portion de wafer que la lame doit attaquer. Typiquement, la lame attaque le wafer sur une partie qui
5 représente environ un quart de la périphérie du wafer.

On précise toutefois que le bord d'attaque 131 n'est pas nécessairement circulaire, et peut avoir toute autre géométrie.

Le wafer 20 est intercalé entre la cale 110 et la lame 130 qui est montée sur le support de déplacement 120. Ces éléments sont alignés, la
10 cale et la lame étant diamétralement opposés par rapport au centre du wafer et le déplacement de la lame se fait selon la direction F de cet alignement.

La lame est destinée à attaquer la paroi latérale du wafer à une hauteur désirée (la position de la lame pouvant par ailleurs être ajustée en
15 hauteur pour attaquer ladite paroi à la hauteur désirée – cet ajustement peut par exemple être réalisé par des moyens de réglage de position de lame selon la direction perpendiculaire au plan de coupe).

Les moyens de déplacement 120 sont aptes à déplacer la lame jusqu'à amener son bord d'attaque 131 en contact avec la paroi latérale du
20 wafer, et à pénétrer dans le wafer au-delà de ladite paroi sur une profondeur donnée.

Cette profondeur de pénétration peut être de l'ordre de un centimètre par exemple. Elle sera toutefois définie en fonction de paramètres tels que la forme de la section de la lame, ainsi que les caractéristiques du wafer
25 (matériaux constituant le wafer, forme du chanfrein annulaire, ...).

On précise que si la profondeur de pénétration peut avoir une valeur allant jusqu'à environ un centimètre, la largeur de la zone de contact physique entre le wafer et lame ne doit pas dépasser quelques millimètres (correspondant à la largeur de la zone d'exclusion).

30 A cet égard, la forme de la lame peut être adaptée pour comporter par exemple :

- une pointe définie par deux faces pentues, destinée à pénétrer dans le wafer lors de la mise en contact initiale de la lame et du wafer, les faces pentues jouant le rôle d'un coin écartant l'une de l'autre les deux parties du wafer,
- 5 • ainsi qu'une portion d'épaisseur constante déterminée, située en arrière de la pointe, comme représenté sur la figure 11. Cette portion d'épaisseur constante est la seule partie de la lame à être en contact avec le wafer après que la pointe ait pénétré ledit wafer. Elle permet de maintenir entre les parties du wafer un écartement contrôlé
- 10 correspondant à l'épaisseur prédéterminée de cette partie de lame, et favorise ainsi la coupe contrôlée du wafer. On précise à cet égard qu'il est important de limiter la dimension de la zone de contact physique entre la lame et le wafer, car la lame ne doit pas entrer en contact avec la zone centrale du wafer qui se trouve entourée par la zone d'exclusion
- 15 (en vue de dessus du wafer), et qui correspond à la zone active du wafer qui sera effectivement utilisée. La figure 11 montre ainsi que la pointe de lame qui a pénétré entre les parties de wafer, n'est plus en contact physique avec le wafer, le contact entre la lame et le wafer étant limité à la portion de largeur d_1 de la lame qui est d'épaisseur constante.
- 20 Cette épaisseur constante de la portion arrière de la lame sera définie en fonction du type de wafer à couper ; à titre d'exemple, elle pourra être de l'ordre de 5 millimètres.

Le rôle de la lame est de couper, c'est à dire comme défini plus haut de diviser en deux parties disjointes le wafer (en l'occurrence les deux

25 parties sont le substrat source et la couche que l'on désire prélever), et de garantir que lesdites parties ne se réunissent pas à nouveau suite à cette division.

A cet effet, la lame a une section biseautée, comme représenté sur les figures 2a, 2b et 3.

30 Plus précisément, en référence à ces figures, une utilisation préférée du dispositif selon l'invention est illustrée.

On précise que ces figures schématiques sont présentées à titre purement illustratif, et que les échelles de grandeur entre les différents éléments représentés (couches du wafer, lame, autres éléments du dispositif selon l'invention..) ne sont nullement représentatives de la réalité.

5 On constate sur ces figures schématiques que la paroi latérale 22 du wafer 20 qui est représenté n'est pas complètement droite, mais qu'elle présente une encoche annulaire qui correspond au chanfrein 21.

Cette encoche annulaire est produite par la juxtaposition des bords arrondis de deux parties 20a et 20b du wafer, qui ont été liées par tout
10 procédé connu en soi (collage ou autre) pour constituer ledit wafer 20. L'encoche annulaire 21 correspond à l'interface de collage 203 entre les deux parties 20a et 20b.

En effet, les wafers de semiconducteurs doivent selon les normes en vigueur présenter des bords non vifs, afin d'éviter leur endommagement
15 lors d'un choc accidentel : les parties 20a et 20b (qui considérées indépendamment constituent elles-mêmes des « wafers ») respectent donc ces normes, et leurs bords sont arrondis ou chanfreinés.

Et le wafer représenté correspond à une utilisation préférée de l'invention, dans laquelle on coupe une couche mince 201 en attaquant le
20 wafer avec la lame 130 à proximité d'une zone fragilisée 202.

Plus précisément, le wafer 20 illustré sur ces figures a été réalisé de manière à ce que l'interface de collage 203 entre les deux parties 20a et 20b à partir desquelles le wafer a été constitué se trouve à proximité immédiate de la zone fragilisée 202.

25 Et dans ce cas c'est de préférence au niveau de cette interface de collage à laquelle est associée une encoche annulaire 21 ayant une section concave formant chanfrein, que la pointe de la lame 130 doit attaquer le wafer 20.

En effet, selon un aspect avantageux de l'invention, lors de la
30 progression en translation de la lame 130 selon la direction horizontale F la coopération des formes de la pointe de la lame (forme généralement convexe, par exemple en biseau) et de l'encoche annulaire en chanfrein

(forme généralement concave) permet l'auto-ajustement de la position en hauteur du wafer par rapport à la lame.

En effet, lors de la coupe le wafer est libre selon la direction verticale.

On constate sur la figure 2a qu'aucun élément ne limite les
5 mouvements du wafer vers le haut.

Et il en est de même des mouvements du wafer vers le bas : dès que la lame a commencé à attaquer la paroi du wafer, il est en effet prévu de retirer la partie de châssis horizontal 102 amovible, afin de laisser le wafer totalement libre selon la direction verticale.

10 De la sorte, dès que la lame a commencé à engager la paroi latérale du wafer à proximité immédiate de l'interface de collage 203, la coopération de formes évoquée plus haut provoque l'auto-ajustement de la position de la pointe de la lame en face du centre de ladite interface.

On précise qu'on a préalablement réglé la hauteur d'attaque initiale
15 de la lame afin qu'elle se présente sensiblement face à cette interface.

En référence plus précisément à la figure 3, la lame 130 attaque donc initialement la paroi latérale du wafer à proximité immédiate de l'interface de collage 203, afin de provoquer la coopération de formes entre les pentes du biseau de la lame et celles de l'encoche annulaire du
20 chanfrein 21.

On précise que l'épaisseur du bord d'attaque de la lame (c'est à dire l'épaisseur de la section terminale de ladite lame par le rayon de courbure de la pointe de la lame) est de l'ordre de la dizaine de microns, voire plus.

Quant à l'épaisseur de la lame elle-même, elle peut être de l'ordre de
25 quelques millimètres.

Par ailleurs, la distance entre l'interface de collage 203 et la zone fragilisée 202 est très largement inférieure aux dimensions de la lame.

Ainsi lors de l'attaque de la lame dans la paroi latérale du wafer, la géométrie du biseau du bord d'attaque de la lame produit l'effet d'un coin
30 qui écarte de part et d'autre les parties du wafer selon la direction verticale perpendiculaire au plan de coupe.

Et les contraintes verticales qui écartent les deux parties du wafer l'une de l'autre trouvent alors naturellement leur chemin vers la zone fragilisée 202 qu se trouve à proximité immédiate.

5 Ce transfert des contraintes verticales de la zone fragilisée 202, de la région située en regard de l'interface de collage 203 vers la zone fragilisée 202, est illustré sur la figure 3 par la ligne de contrainte C, qui représente de manière très schématique la ligne de coupe entre les deux parties du wafer à proximité du bord dudit wafer.

Lorsque cette ligne C a rejoint la zone fragilisée 202, et en 10 poursuivant vers l'intérieur du wafer (c'est à dire vers la gauche de la figure 3), la ligne de coupe se confond avec la zone fragilisée 202.

En effet, cette zone 202 fragilisée représente un « puits » pour les contraintes, et le wafer étant libre selon la direction verticale l'auto-ajustement mentionné ci-dessus se poursuit pour permettre à la lame de 15 poursuivre sa pénétration dans le wafer au niveau du chanfrein 21.

On a dit que la lame n'était en tout état de cause en contact avec le wafer que sur une profondeur limitée à l'intérieur du wafer. Cette profondeur, de l'ordre de quelques millimètres, correspond à la portion non active du wafer (« zone d'exclusion »).

20 A cet égard, la géométrie de la lame est telle que la lame ne joue pas le rôle d'un outil « tranchant » qui « découperait » le wafer (on a en effet défini ci-dessus la « coupe », qui ne correspond pas à un effet tranchant).

En réalité, l'angle interne du biseau de la lame, si il doit être assez faible pour que la lame pénètre effectivement dans le wafer, doit également 25 être assez important pour que la lame joue effectivement son rôle de coin enfoncé entre la couche 201 que l'on désire transférer et le reste du wafer. En effet, une fois que la lame a commencé à pénétrer dans le wafer, les bords pentus de son bord d'attaque écartent selon la direction verticale la couche 201 et le reste du wafer. Cet angle pourra être de l'ordre de 60°.

30 Ceci permet la propagation de l'onde de décollement de la couche 201 sur une large partie, voire la totalité de la surface du wafer (alors que la lame ne pénètre que de d'une profondeur limitée dans le wafer).

On remarquera que le fait qu'aucun élément ne limite les mouvements du wafer selon la direction verticale, ni vers le haut ni vers le bas, permet au wafer non seulement de réaliser l'auto-ajustement de sa position selon la direction verticale de l'attaque de la lame, mais également
5 de se déformer librement et de manière symétrique lors de cet écartement.

Ceci favorise le bon déroulement de la coupe, et diminue les risques de détérioration de la couche 201 et du substrat – en particulier lorsque le substrat 20b est réalisé dans un matériau fragile tel que le quartz.

La lame est réalisée dans un matériau lisse, assez dur pour pénétrer
10 le wafer mais pas trop dur afin de ne pas risquer d'endommager les surfaces de la couche 201 et du substrat.

A titre d'exemple, la lame peut être réalisée dans un matériau tel que le Polychlorure de Vinyle (PVC), ou le Polyetheretherketone (PEEK), ou le Teflon (marque déposée).

15 Et l'épaisseur de la lame doit être suffisante pour maintenir la couche 201 suffisamment écartée du reste du wafer et garantir que l'onde de décollement de la couche 201 se propage effectivement sur la plus grande partie de la surface du wafer.

La Demanderesse a déterminé qu'une épaisseur de l'ordre de 5
20 millimètres était bien adaptée à cet effet.

La figure 4 montre l'onde de décollement D de la couche 201, observée à proximité du bord de la lame, pour le dispositif 10 qui correspond comme on l'a dit à un premier mode de réalisation de l'invention.

25 On peut définir l'onde de décollement comme le front que l'on observe lorsqu'on divise le wafer en deux parties, et qui matérialise la ligne selon laquelle la couche 201 se divise du reste du wafer.

La figure 2b représente à cet égard une variante avantageuse de l'invention, dans laquelle on visualise en permanence la progression de
30 l'onde de décollement de la couche 201 grâce à une source lumineuse 30 (par exemple une lampe infra rouge) placée sous le wafer et dirigée vers

celui-ci, et une caméra 40 située de l'autre côté du wafer pour recueillir la lumière transmise au travers du wafer.

La source lumineuse peut n'être amenée en regard du wafer qu'après l'escamotage de la partie centrale 102 du châssis fixe.

5 Il est également possible d'utiliser une partie 102 transparente au rayonnement issu de la source 30.

Et on remarquera que le fait qu'aucun élément de maintien ne soit placé en regard des faces principales du wafer permet d'observer cette onde de décollement dans d'excellentes conditions ; ceci n'est pas le cas
10 dans les dispositifs automatiques de l'état de la technique, qui comprennent des moyens de maintien des faces principales du wafer.

Il est également possible d'asservir le mouvement du support de déplacement de lame 120 aux observations de la caméra 40, en prévoyant une boucle de régulation du déplacement permettant d'obtenir une
15 progression contrôlée de l'onde de décollement.

On reviendra sur cet aspect de contrôle du déplacement des moyens de coupe du dispositif, dans la suite de ce texte, à propos d'un deuxième mode de réalisation de l'invention.

Il est également possible de programmer le support de déplacement
20 pour assurer une translation continue de la lame. Ceci est particulièrement adapté lorsque le wafer a une structure simple.

Par contre, dans le cas d'un wafer constitué à partir d'un grand nombre de couches collées ensemble, il peut être préférable de faire progresser la lame de manière intermittente (les moyens de régulation
25 évoqués ci-dessus seront ici encore mis en œuvre avec profit).

Dans le cas d'un wafer réalisé sur un substrat inférieur 20b transparent (quartz par exemple), la caméra 40 peut être placée directement sous le wafer (à l'emplacement de la source 30 sur la figure 2b), et observer le décollement par transparence au travers du substrat
30 inférieur.

La cale unique 110 peut être remplacée par un ensemble de cale comportant plusieurs cales fixes, bloquant le wafer dans le plan de coupe horizontal mais le laissant libre selon la direction verticale.

Dans le cas où on met en oeuvre l'invention sur un wafer ne
5 comportant pas de chanfrein annulaire, on pourra ménager dans la paroi du wafer une encoche de section concave en regard de l'endroit où le bord d'attaque de la lame attaquera le wafer, afin d'obtenir la coopération de formes et l'auto-ajustement décrits ci-dessus.

Il est également possible de prévoir plusieurs lames, montées sur le
10 même support de déplacement, ou montées sur des moyens de déplacements respectifs indépendants les uns des autres.

On détaillera également cet aspect à propos d'un deuxième mode de réalisation de l'invention.

Et les moyens de déplacement de la lame ou des lames peuvent
15 dans une version simplifiée de l'invention être activés par des moyens manuels, tels qu'une manivelle.

On précise qu'en tout état de cause, on cherchera de préférence à générer une onde de décollement unique lors de l'attaque du wafer par la ou les lame(s).

20 En effet, la jonction de deux ondes différentes initiées en des endroits différents de la périphérie du wafer et se propageant dans des directions différentes peut s'avérer problématique.

Ainsi, dans le cas où plusieurs lames sont prévues, une configuration bien adaptée est celle dans laquelle une lame s'avance en pointe, les
25 autres prenant le relais de l'attaque de la première lame en arrière de celle-ci et sur ses côtés, tout en contribuant à propager la même onde de décollement qui a été initiée par la première lame.

Il n'est toutefois pas obligatoire que l'attaque du wafer se fasse initialement au milieu de celui-ci (sur l'axe longitudinal du dispositif qui joint
30 les centres de la lame et de la cale) ; la lame peut avoir un contour dissymétriques avec une pointe qui s'avance d'un côté seulement, et qui attaque en premier un côté du wafer.

Il est également possible que la lame soit fixe et que ce soit la cale qui soit mobile - en tout état de cause, seul un des deux éléments doit être mobile. Dans tous les cas, les dispositions relatives à l'auto-ajustement de la position du wafer évoquées ci-dessus seront mises en œuvre avec profit.

5 Et il est possible d'associer à la lame un capteur de pression ou de force, afin de suivre les efforts reçus par la lame lors de la coupe.

On pourra alors effectuer une régulation de l'avance de la lame (ou de l'élément mobile) en fonction de ces efforts. Cette régulation peut être utilisée en combinaison avec la régulation en fonction de l'onde de
10 décollement décrite ci-dessus, ou à titre de régulation alternative.

En référence maintenant aux figures 5a et 5b, 7, 8 et 10, on a représenté un dispositif 50 permettant de mettre en œuvre l'invention selon un deuxième mode de réalisation.

Ce dispositif 50, comme le dispositif 10 décrit ci-dessus, est destiné
15 à couper une tranche d'un wafer 20.

Sur la figure 5a qui est une représentation schématique de dessus, on a représenté autour du wafer 20, une cale 510 et une première lame 530 portée par des moyens de déplacement 520 pour être mobile par rapport à la cale, de manière similaire à la configuration du dispositif 10 décrit ci-
20 dessus.

La cale 510 qui est représentée dans la partie gauche de la figure 5b est fixe, la lame 530 pouvant être rapprochée du wafer pour attaquer celui-ci.

Le wafer lui-même est de préférence disposé entre la cale 510 et la
25 lame 530, de manière à ce que ces trois éléments soient alignés selon un axe qui correspond par ailleurs à la direction de déplacement de la lame 530.

On remarque sur la figure 5a que par rapport au dispositif 10 décrit ci-dessus, la lame 530 a une forme qui ne permet pas d'attaquer le wafer
30 sur une partie importante de sa périphérie.

Au contraire, cette lame 530 a une géométrie vue de dessus en delta, dont une pointe est dirigée vers le wafer pour l'attaquer (la "pointe" du

delta étant en réalité tronquée, de manière à présenter tout de même au wafer une section d'attaque selon une petite partie de sa périphérie).

On verra en référence aux figures 7 et 8 que le bord d'attaque de cette première lame 530 peut également avoir une géométrie circulaire,
5 comme dans le cas de la lame 130 du dispositif 10.

Selon un aspect particulier de ce deuxième mode de réalisation de l'invention, les moyens de coupe du dispositif 50 comprennent outre la première lame 530 qui constitue un premier moyen de coupe, un deuxième moyen de coupe.

10 Ce deuxième moyen de coupe est illustré par deux lames 531 et 532, qui sont disposées de part et d'autre de l'axe médian du wafer qui est parallèle à la direction de déplacement de la lame 530 (axe A représenté sur la figure 5a).

Chacune de ces lames 531, 532 est destinée à venir engager le
15 wafer 20 dans une deuxième phase de l'opération de coupe, après l'engagement de ce wafer par la première lame 530 qui correspond à une première phase.

A cet effet, la lame 531 est portée par des moyens de déplacement 521, qui permettent de déplacer ladite lame selon une trajectoire lui
20 permettant :

- d'attaquer le wafer 20 à distance de la partie recevant l'attaque de la première lame 530, d'un premier côté du wafer par rapport à la direction A d'attaque de la première lame,
- et éventuellement de poursuivre cette attaque sur la périphérie du wafer.

25 Et de manière symétrique par rapport à l'axe A, la deuxième lame 532 est portée par des moyens de déplacement 522.

Dans la représentation des figures 5a, 5b, 7 et 8, les deux moyens de déplacement 521 et 522 sont disposés de manière à déplacer les lames 531 et 532 selon deux sections de droites symétriques et convergentes vers
30 l'axe longitudinal A médian du wafer.

Dans ce deuxième mode de réalisation de l'invention, le premier moyen de coupe (lame 530, ou tout ensemble de lame comportant au moins une lame) attaque le wafer 20 lors d'une première phase de coupe.

Un capteur suit la progression d'un paramètre représentatif de l'opération de coupe effectuée par la première lame 530.

Et c'est en fonction des signaux issus de ce capteur que la deuxième phase de coupe sera déclenchée automatiquement, par des moyens de commande adaptés.

La deuxième phase correspond à la mise en œuvre du deuxième moyen de coupe (les deux lames 531 et 532 dans l'exemple illustré ici – toutefois il est possible de réaliser le deuxième moyen de coupe sous la forme d'un ensemble comprenant un nombre quelconque de lames).

Ce n'est en effet qu'à partir d'une valeur prédéterminée dudit paramètre représentatif de l'opération de coupe effectuée par la première lame 530, valeur mémorisée dans les moyens de déclenchement de la deuxième phase de coupe, que le deuxième moyen de coupe est mis en œuvre.

Ce paramètre représentatif de l'opération de coupe effectuée par la première lame 530 peut en particulier être lié à l'écartement observé entre les deux parties de wafer (ou être la valeur de l'écartement lui-même).

Dans ce cas, à partir d'un certain écartement entre les deux parties de wafer, le deuxième moyen de coupe est mis en œuvre.

Il est également possible d'exploiter (alternativement, ou en addition) un autre paramètre représentatif de l'opération de coupe effectuée par la première lame 530 (évolution de l'onde de décollement par exemple).

On pourra ainsi en particulier mettre en œuvre tout type de capteur optique, mécanique ou autre permettant de caractériser la progression du décollement provoquée par l'attaque du premier moyen de coupe, ou encore l'écartement entre la couche à couper et le reste du wafer.

Dans tous les cas, la deuxième phase ne sera déclenchée que lorsque le(s) paramètre(s) représentatif(s) de la progression de la coupe

lors de la première phase aura (auront) atteint une (des) valeur(s) prédéterminée(s).

Dans le cas où le capteur est une caméra, il peut s'agir d'une caméra infrarouge, située par exemple sous un hublot en quartz placé en dessous
5 du wafer 20. Un tel hublot est représenté sur la figure 5b par la référence 502.

La caméra peut être également une caméra optique fonctionnant sur une longueur d'onde différente. Cette adaptation des caractéristiques de la caméra se fera en particulier en fonction de la nature du substrat source du
10 wafer à partir duquel on prélève la couche à couper.

On peut en outre ici encore utiliser un capteur de force associé à la première lame 530, en combinaison avec le capteur évoqué ci-dessus.

Dans tous les cas, le capteur du ou des paramètre(s) représentatif(s) de la progression de la coupe lors de la première phase permet(tent) de
15 déclencher la deuxième phase.

Et les signaux de ce(s) capteur(s) peuvent également être utilisés pour réguler la progression du deuxième moyen de coupe, lors de la deuxième phase.

On précise que lors de cette deuxième phase, le premier moyen de
20 coupe peut être immobilisé, de manière à continuer à produire un effet de coin entre les parties du wafer qu'il a attaquées.

- Dans une variante, il est également possible de faire poursuivre au premier moyen de coupe son attaque du wafer pendant la deuxième phase de coupe – lors de cette phase les premier et deuxième moyens
25 de coupe travailleront donc ensemble.

Dans un exemple préféré de réalisation de l'invention, il est ainsi possible de commander dans un premier temps le déplacement de la première lame 530, de sorte qu'elle soit seule à attaquer la paroi du wafer.

On précise que lors de cette première phase de coupe, on contrôle
30 finement la vitesse de déplacement de la lame. Cette vitesse sera typiquement comprise en 0,5 et 5 mm/seconde.

Il est également possible de superposer au capteur qui déclenche la deuxième phase des moyens supplémentaires permettant de contrôler le bon déroulement de chaque phase de coupe.

On pourra ainsi adjoindre à l'attaque du wafer par la première lame
5 qui correspond à la première phase, un système de mesure de force ou de vitesse de déplacement de la lame.

Dans ce cas, on pourra lors de la première phase ajuster continuellement la force avec laquelle la première lame attaque le wafer, et/ou sa vitesse de progression, pour effectuer cette première phase dans
10 les meilleures conditions.

On pourra également utiliser les mesures du capteur qui déclenche la transition entre première et deuxième phase, pour commander finement le déplacement de chaque lame pendant la phase associée à ladite lame.

Le fait de mettre en œuvre deux moyens de coupe séquentiellement,
15 le passage du premier moyen au deuxième moyen étant commandé par une mesure représentative du déroulement de la coupe lors de la première phase, permet de faire progresser dans les meilleures conditions l'onde de décollement d'un bout à l'autre du wafer.

Ceci permet également de prévenir la formation de plusieurs ondes
20 de décollement.

La figure 6 illustre le positionnement de la lame 530 par rapport à l'interface de collage d'un wafer à couper.

Ici encore, les lames des deux moyens de coupe seront prépositionnées sensiblement en regard de cette interface de collage. Et ici
25 encore, après l'attaque de la première lame, le support placé sous le wafer sera escamoté de manière à laisser le wafer libre selon la direction verticale, et à permettre ainsi l'auto-ajustement mentionné ci-dessus.

Les figures 7 et 8 illustrent schématiquement en vue de dessus les deux moyens de coupe, lors des deux phases respectives de la coupe.

30 Sur la figure 7, la première lame 530 est ainsi amenée par les moyens de déplacement qui lui sont associés au contact du wafer 20, pour attaquer sa paroi et générer une onde de décollement D (dont plusieurs

positions successives ont été représentées sur cette figure, et sur la figure 8).

Comme cela apparaît sur la figure, la lame 530 peut avoir une forme en « crissant de lune », présentant un bord d'attaque incurvé pour attaquer le wafer sur une partie continue de sa périphérie.

Un capteur adapté suit la progression de cette onde de décollement D, et/ou tout autre paramètre représentatif du déroulement de cette première phase de coupe.

Lorsque les signaux issus de ce capteur atteignent une valeur seuil prédéterminée, l'activation du deuxième moyen de coupe – et donc de la deuxième phase de coupe – est commandée (voir figure 8).

Comme mentionné ci-dessus, ce déclenchement de la deuxième phase peut également être commandé par des signaux issus de différents capteurs représentatifs de différents aspects du déroulement de la première phase. On pourra dans ce cas utiliser un ou plusieurs signaux composites élaborés à partir des signaux élémentaires des différents capteurs.

Comme illustré sur la figure 8, lors de la deuxième phase, la première lame 530 peut être immobilisée et rester positionnée à son point d'avance maximal atteint lors de la première phase, tandis que le deuxième moyen de coupe est mis en action.

Dans le cas décrit ici, ce deuxième moyen de coupe comprend les deux lames 531 et 532, qui sont déplacées par les moyens respectifs 521 et 522 pour attaquer à leur tour le wafer, selon une trajectoire contrôlée.

Lors de chaque phase, la progression des lames peut être commandée par des signaux issus d'un capteur de force, afin d'éviter de forcer exagérément la pénétration des lames dans le wafer et risquer d'endommager celui-ci.

L'attaque réalisée lors de la deuxième phase permet de continuer à faire progresser l'onde de décollement D dans les meilleures conditions.

La figure 9 permet de préciser la configuration des lames du deuxième moyen de coupe, ces deux lames étant identiques. On précise également que les deux lames sont déplacées symétriquement par rapport

à l'axe A longitudinal du wafer, par leurs moyens de déplacement respectifs qui sont asservis ensemble.

Sur cette figure, la lame 532 coulisse dans deux rails 5321 et 5322 qui guident la trajectoire de la lame.

5 Dans la configuration de la figure 9 dans laquelle les rails sont verticaux (c'est à dire orientés perpendiculairement au plan de coupe du wafer), cette lame forme en outre un angle droit, de manière à ce que son bord d'attaque soit orienté parallèlement au plan (horizontal) de coupe dans lequel les rails guident la lame.

10 Et il est également possible que les rails soient disposés l'un au dessus de l'autre, de manière à porter la lame 532 dans le plan de coupe (horizontal). Dans ce cas, les rails sont tournés vers le wafer et la lame 532 ne comporte pas de coude à angle droit.

La lame 532 peut ainsi attaquer tangentiellement le wafer, en le
15 suivant continuellement sur une portion P2 de sa périphérie (la lame 531 pouvant de même attaquer le wafer sur une portion P1 symétrique de sa périphérie).

La figure 9 montre une forme préférée de réalisation de la lame 532, représentée en coupe transversale.

20 Sur cette figure, la section transversale du bord d'attaque 5320 de la lame a une forme arrondie (ladite section transversale correspondant à la partie hachurée de la lame sur la figure 9), qui permet à cette lame de pénétrer dans le wafer sans risquer de l'endommager.

On précise que cette lame 532 ne pénètre le wafer qu'une fois que
25 les deux parties de wafer ont été préalablement écartées par la première lame 530. La lame 532 n'a ainsi pas de fonction d'initiation du décollement, mais ne fait que propager un décollement initié par la première lame.

Par ailleurs, la lame 532 peut également avoir une forme circulaire en vue de dessus, (une telle vue de dessus correspondant à une vue de la
30 lame 532 selon la direction verticale du haut vers le bas, indiquée par la flèche V sur la figure 9).

Une lame 532 dont le bord d'attaque a une géométrie circulaire en vue de dessus est ainsi représentée sur la figure 10a.

En effet, avec une lame 532 qui aurait en vue de dessus une forme rectangulaire par exemple (ou toute forme présentant en vue de dessus des
5 coins vifs), on risquerait d'attaquer le wafer avec le bord latéral 53210 de cette lame qui se trouve en avant du déplacement de la lame, ou avec le coin latéral 53211 entre ledit bord latéral et la partie de lame qui correspond effectivement au bord d'attaque (voir figure 10b).

Les enseignements du premier mode de réalisation, en particulier
10 ceux relatifs aux wafers à couper, à leurs chanfreins, à la géométrie du bord d'attaque des lames et à l'auto-ajustement de chaque lame et du wafer lui-même lors de l'attaque par chaque lame, ainsi qu'à l'ensemble de cale – donc ici à la cale 510 – sont transposables à ce deuxième mode de réalisation.

15 Et dans ce deuxième mode de réalisation encore, il est possible de prévoir que la cale 510 est mobile pendant la première phase de coupe, et/ou la deuxième phase, alors que certaines lames sont fixes.

On précise en référence à la figure 11, qui représente schématiquement selon une perspective similaire à celles des figures 3 et
20 6, et sur laquelle une lame 530 est schématiquement représentée, que si la lame peut lors de la coupe pénétrer d'une profondeur ($d1 + d2$) qui est de l'ordre de 7 mm, cette profondeur ne correspond pas à la longueur $d1$ de la zone de contact entre la lame et les parois « internes » du wafer.

En effet, cette longueur de contact n'est typiquement que de l'ordre
25 de 2 mm, alors que la partie en biseau de la pointe du bord d'attaque peut pénétrer d'une longueur $d2$ de l'ordre de 5 mm, sans provoquer de contact entre la lame et le wafer.

Après le stade initial de pénétration de la lame dans le wafer (lors de laquelle la partie pointue du bord d'attaque est effectivement en contact
30 avec le wafer), seule la partie d'épaisseur constante de la lame est ainsi en contact avec le wafer, sur une longueur de contact d'environ 2 mm. Ce

REVENDICATIONS

1. Dispositif (10, 50) de coupe automatique de haute précision d'une
5 couche de matériau (201) qui est solidaire d'un substrat source par
l'intermédiaire d'une zone fragilisée (202), le substrat source et la
couche à couper formant un ensemble à couper, le dispositif
comprenant des moyens de coupe (130, 530, 531, 532) ainsi que des
moyens (110, 510) de maintien de la position de l'ensemble à couper,
10 caractérisé en ce que les moyens de coupe comprennent une lame pour
attaquer l'ensemble à couper.
2. Dispositif selon la revendication 1 caractérisé en ce que les moyens de
maintien comprennent une cale.
15
3. Dispositif selon la revendication 2 caractérisé en ce que la cale est fixe.
4. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3 caractérisé en ce que la
ou les lames est (sont) mobile(s).
20
5. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 4 caractérisé en ce que les
moyens de maintien sont disposés de manière à recevoir en butée un
côté de l'ensemble à couper qui est généralement opposé au côté de
l'ensemble à couper qui est attaqué en premier par la lame.
25
6. Dispositif selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce
que les moyens de maintien consistent en un ensemble de cale.
7. Dispositif selon la revendication précédente caractérisé en ce que les
30 moyens de maintien consistent en une cale unique (110, 510).

8. Dispositif selon la revendication 6 ou 7 caractérisé en ce que les moyens de maintien sont adaptables de manière à maintenir l'ensemble à couper uniquement dans le plan de coupe de la lame une fois que la lame a commencé à attaquer l'ensemble à couper, laissant ledit ensemble à couper libre selon la direction perpendiculaire audit plan de coupe.
9. Dispositif selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que la lame est associée à des moyens de réglage de position de lame selon la direction perpendiculaire au plan de coupe, permettant de positionner la lame à proximité de la zone fragilisée de l'ensemble à couper.
10. Dispositif selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que la lame présente un angle en pointe de l'ordre de 60°.
11. Dispositif selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que la lame est montée sur des moyens de déplacement automatique.
12. Dispositif selon la revendication précédente caractérisé en ce que lesdits moyens de déplacement automatique assurent une translation contrôlée de la lame dans le plan de coupe.
13. Dispositif selon la revendication précédente caractérisé en ce que ladite translation contrôlée est une translation uniforme.
14. Dispositif selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que le bord d'attaque de la lame a un contour circulaire correspondant au contour de l'ensemble à couper.

15. Dispositif selon la revendication précédente caractérisé en ce que le bord d'attaque de la lame couvre le quart de la périphérie de l'ensemble à couper.
- 5 16. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les moyens de coupe comprennent un premier moyen de coupe (530), et un deuxième moyen de coupe (531, 532).
- 10 17. Dispositif selon la revendication précédente caractérisé en ce que le dispositif comprend également un capteur apte à acquérir un paramètre représentatif du déroulement de la coupe par le premier moyen de coupe, et des moyens pour déclencher la mise en œuvre du deuxième moyen de coupe lorsque ledit paramètre atteint une valeur prédéterminée.
- 15 18. Dispositif selon la revendication précédente caractérisé en ce que ledit paramètre est lié à une mesure de l'écartement entre les parties du wafer à couper.
- 20 19. Dispositif selon l'une des trois revendications précédentes, caractérisé en ce que le premier moyen de coupe comprend une lame (530); et le deuxième moyen de coupe comprend deux lames (531, 532) agencées symétriquement par rapport à l'ensemble à couper.
- 25 20. Dispositif selon la revendication précédente caractérisé en ce que chaque lame du deuxième moyen de coupe est montée à déplacement sur des moyens de déplacement (5321, 5322) et le bord d'attaque de chaque lame est orienté de manière à attaquer l'ensemble à couper tangentiellement sur une portion de sa périphérie.
- 30 21. Procédé de coupe automatique de haute précision d'une couche de matériau qui est solidaire d'un substrat source par l'intermédiaire d'une

zone fragilisée, le substrat source et la couche à couper formant un ensemble à couper, le procédé comprenant :

- le positionnement de l'ensemble à couper par rapport à des moyens de maintien,
- 5 • la coupe de la couche par des moyens de coupe, caractérisé en ce que la coupe est effectuée au moyen d'au moins une lame des moyens de coupe associée à des moyens de déplacement tandis que les moyens de maintien bloquent l'ensemble à couper dans le plan de coupe.

10

22. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que le procédé comprend l'engagement de la lame dans une cavité de l'ensemble à couper, ladite cavité se trouvant à proximité de la zone fragilisée.

15

23. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que ladite cavité est une cavité de forme générale annulaire.

20

24. Procédé selon l'une des deux revendications précédentes, caractérisé en ce que le procédé comprend l'auto-ajustement, selon la direction perpendiculaire au plan de coupe, des positions relatives de l'ensemble à couper et de la lame lors de l'engagement de la lame et de l'ensemble à couper, par coopération de la partie tranchante de la lame et de la section concave de la cavité.

25

25. Procédé selon l'une des quatre revendications précédentes, caractérisé en ce qu'on suit l'onde de décollement de la couche à couper par analyse de la lumière transmise au travers des faces principales de l'ensemble à couper.

30

26. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que les mouvements des moyens de déplacement de la lame sont asservis à l'observation du décollement de la couche à couper.
- 5 27. Procédé selon l'une des six revendications précédentes caractérisé en ce que l'on recueille au moins un paramètre représentatif du déroulement de la coupe lors d'une première phase de coupe réalisée par un premier moyen de coupe, et on commande en fonction de la valeur de ce paramètre le déclenchement d'une deuxième phase de coupe réalisée par un deuxième moyen de coupe.
- 10 28. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le premier moyen de coupe est une lame (530) attaquant l'ensemble à couper en un premier endroit, et le deuxième moyen de coupe attaque l'ensemble à couper à distance de la partie dudit ensemble recevant l'attaque du premier moyen de coupe.
- 15 29. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que le deuxième moyen de coupe comprend deux lames situées de part et d'autre de l'ensemble à couper, et déplacées symétriquement par rapport à cet ensemble.
- 20

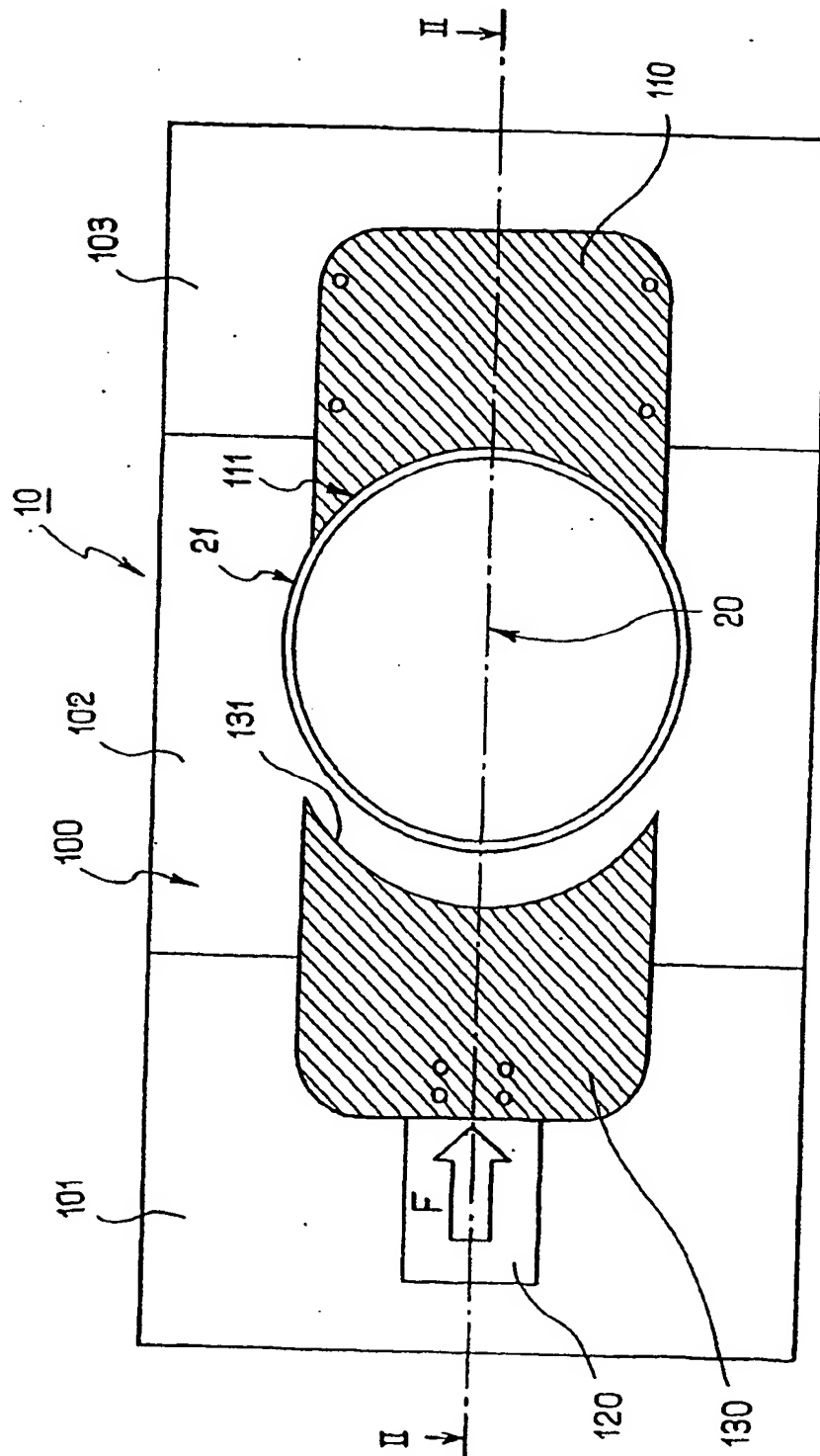


FIG. 1

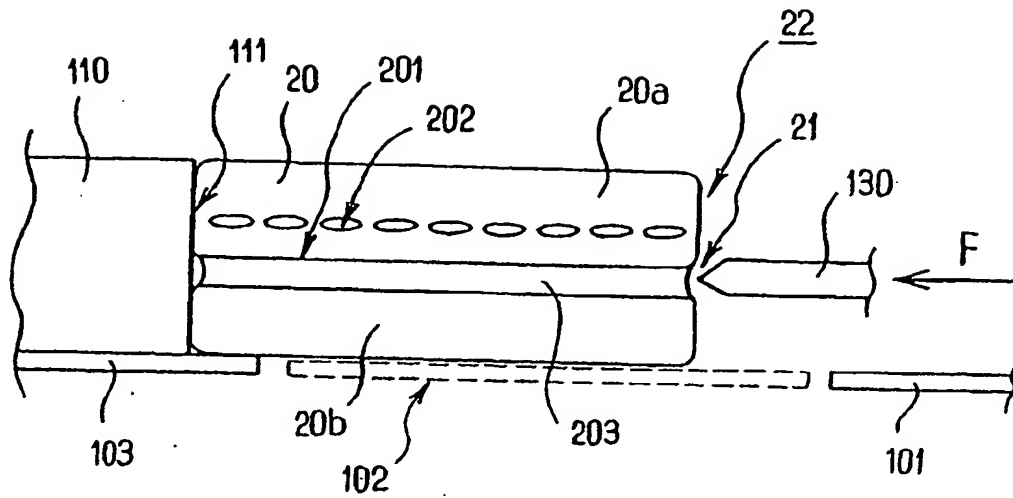


FIG. 2a

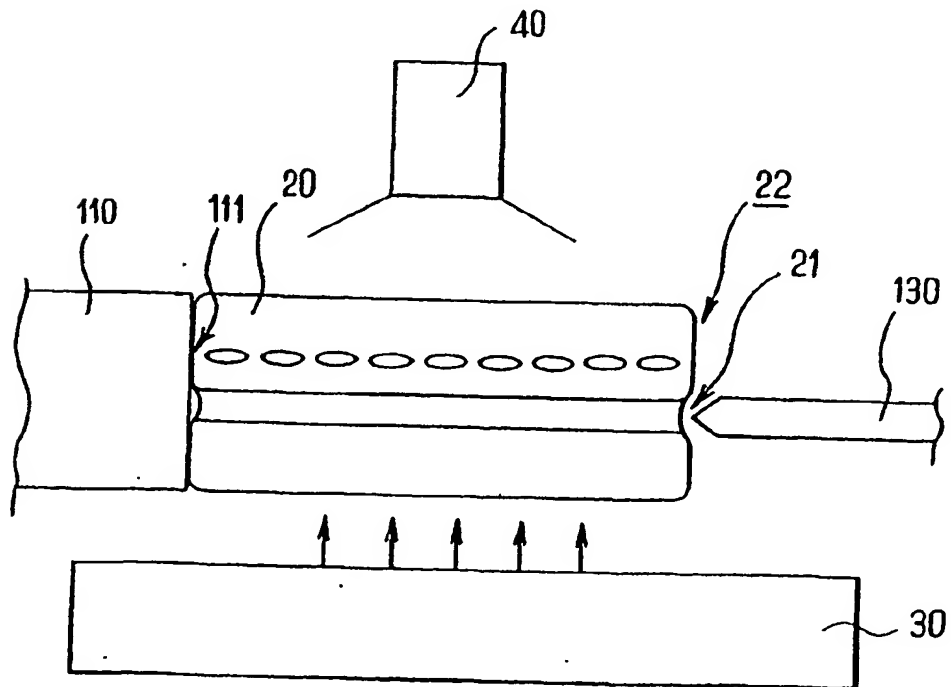


FIG. 2b

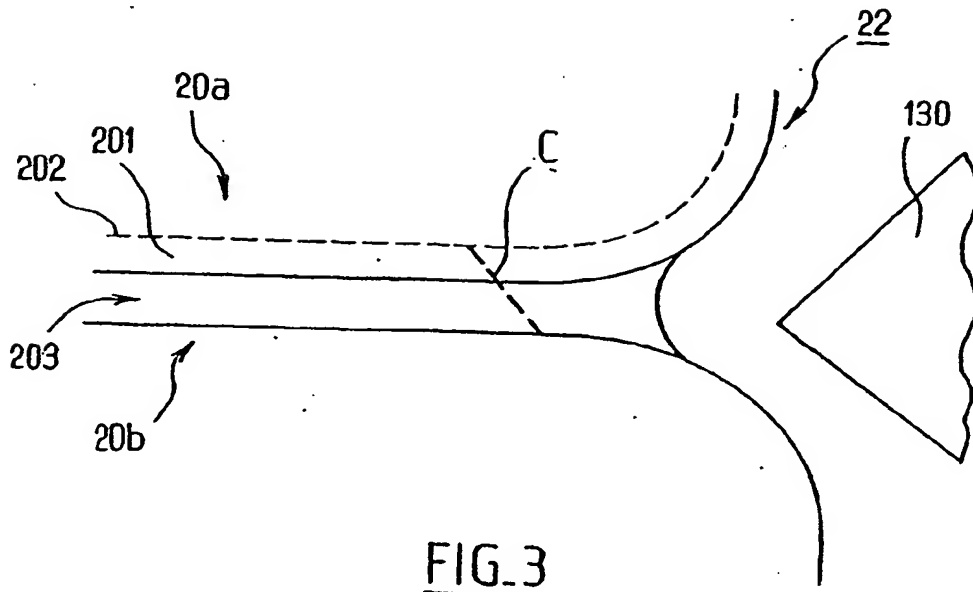


FIG. 3

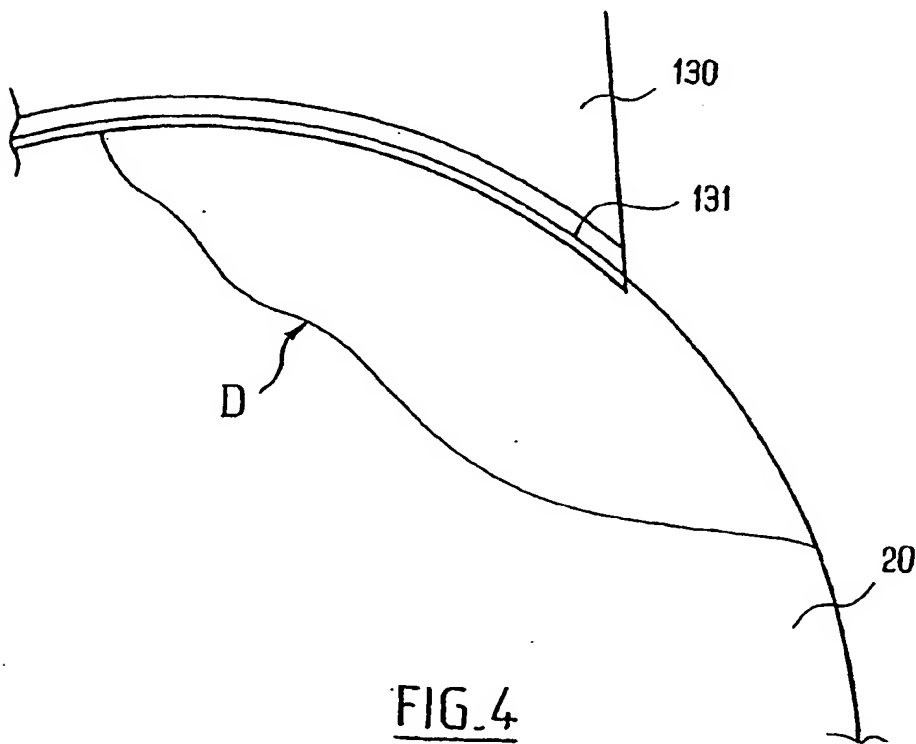


FIG. 4

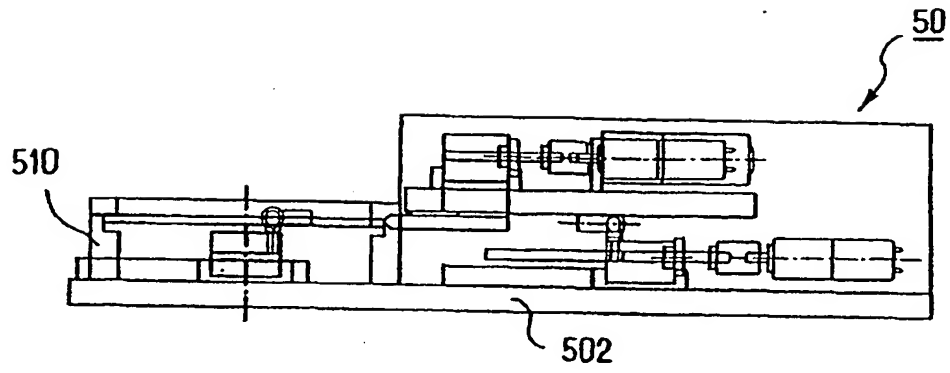


FIG. 5b

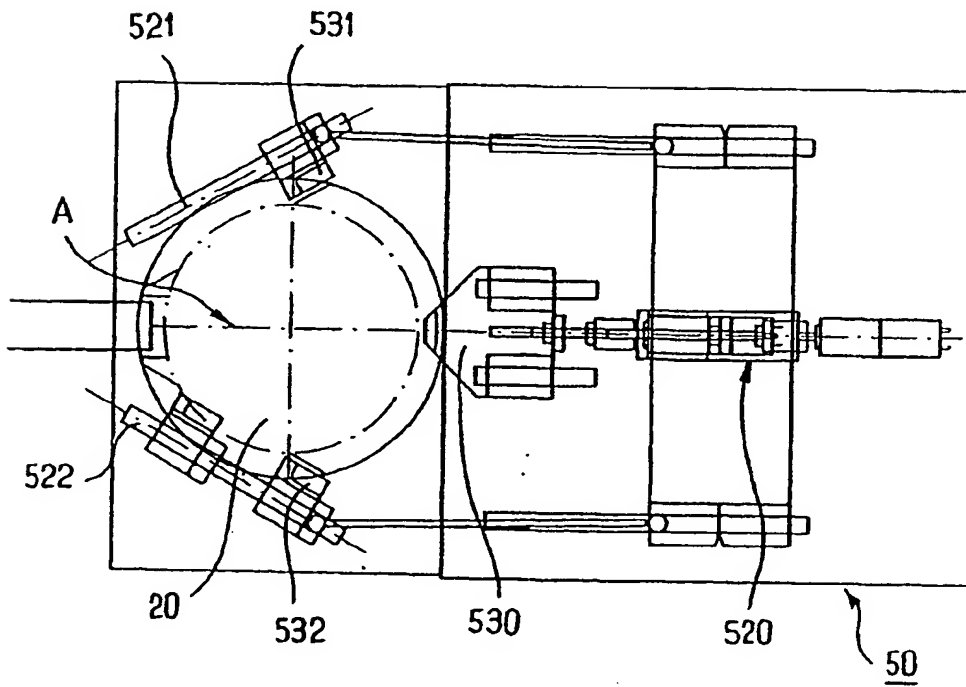


FIG. 5a

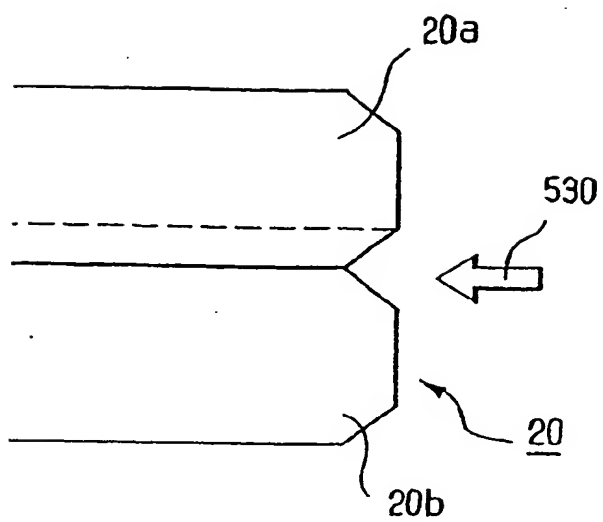


FIG. 6

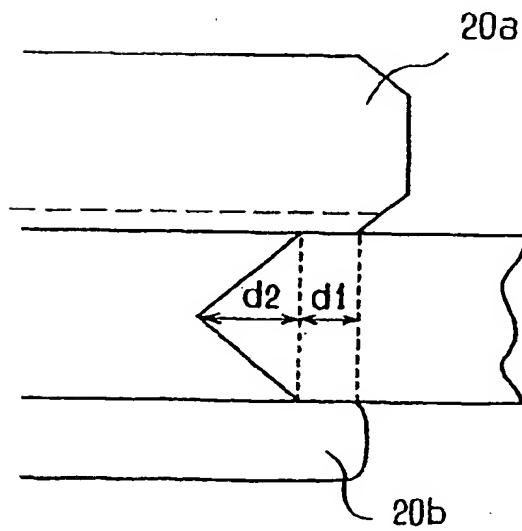


FIG. 11

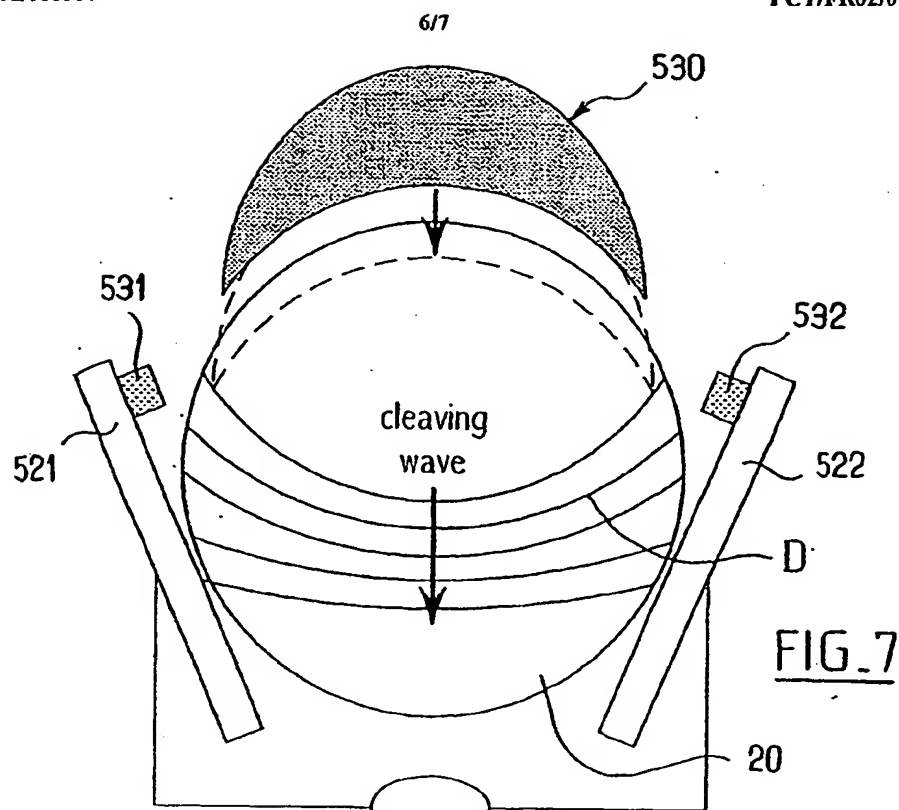


FIG. 7

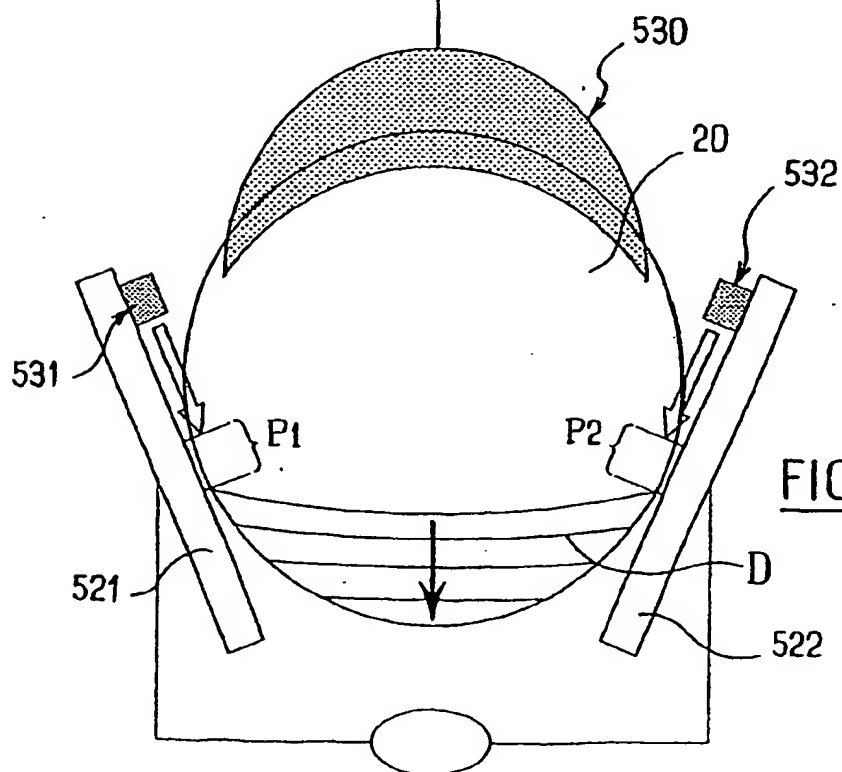


FIG. 8

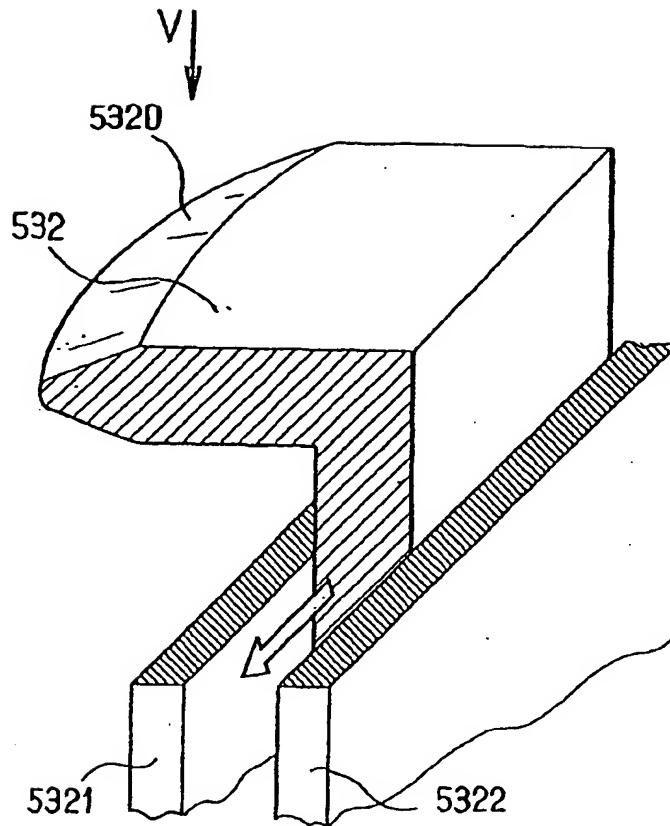


FIG. 9

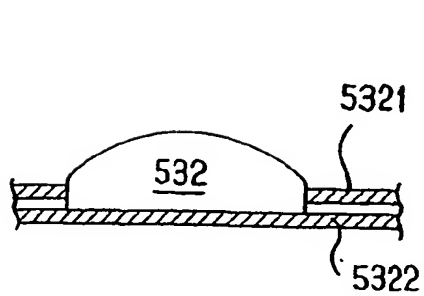


FIG. 10a

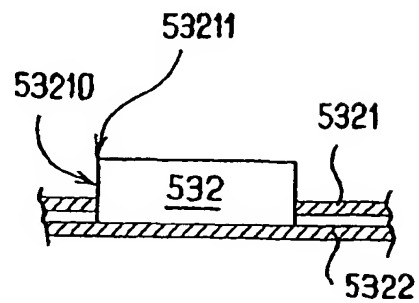


FIG. 10b

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern. Appl. No.

PCT/rk 02/01253

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 B28D5/00 H01L21/00 B32B35/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B28D H01L B32B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	<p>WO 01 10644 A (SILICON GENESIS CORP) 15 February 2001 (2001-02-15)</p> <p>the whole document * en particulier: *</p> <p>page 5, line 20 -page 6, line 21 page 8, line 30 -page 9, line 21 page 10, line 5 - line 30 page 11, line 23 - line 24 page 16, line 29 -page 18, line 29 figures 5-7</p> <p>---</p> <p>-/---</p>	<p>1-5, 7-9, 11-14, 21-26</p> <p>6, 10, 15, 17, 18</p>
A		



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

G document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 July 2002

Date of mailing of the international search report

31/07/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel: (+31-70) 340-2040, Tr 31 65: 30001,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Rijks, M

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/FR 02/01253

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 867 917 A (CANON KK) 30 September 1998 (1998-09-30) the whole document * en particulier: * column 4, line 48 -column 5, line 57 column 17, line 8 - line 42 figure 9	1-4, 6, 8, 9, 11-13, 16, 19-24, 28, 29
A	-----	17, 27
X	EP 0 977 242 A (CANON KK) 2 February 2000 (2000-02-02) paragraph '0272! - paragraph '0277! figures 15-17	1-4, 6, 8, 11-13, 21-24
X	US 6 050 255 A (SIEVERT DICK J) 18 April 2000 (2000-04-18) column 3, line 52 - line 57 column 6, line 62 -column 7, line 56 figures 1, 2A, 2B, 11, 12 -----	1-5, 7, 8, 10-13, 16, 19, 20

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 02/01253

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 0110644	A	15-02-2001	US 6221740 B1	24-04-2001
			US 6263941 B1	24-07-2001
			AU 6395700 A	05-03-2001
			WO 0110644 A1	15-02-2001
			US 2002023725 A1	28-02-2002
EP 0867917	A	30-09-1998	AU 747567 B2	16-05-2002
			AU 5966298 A	01-10-1998
			CA 2233127 A1	27-09-1998
			CN 1208246 A	17-02-1999
			EP 1134790 A2	19-09-2001
			EP 0867917 A2	30-09-1998
			JP 2877800 B2	31-03-1999
			JP 11045840 A	16-02-1999
			SG 68035 A1	19-10-1999
			TW 463229 B	11-11-2001
			US 2002029849 A1	14-03-2002
			US 2002088558 A1	11-07-2002
EP 0977242	A	02-02-2000	JP 2000049061 A	18-02-2000
			JP 2000049062 A	18-02-2000
			JP 2000068172 A	03-03-2000
			EP 0977242 A2	02-02-2000
US 6050255	A	18-04-2000	US 6029943 A	29-02-2000
			US 6082057 A	04-07-2000
			AU 726613 B2	16-11-2000
			AU 5430198 A	29-05-1998
			GB 2335455 A , B	22-09-1999
			NZ 335625 A	24-11-2000
			WO 9820207 A1	14-05-1998
			US 6178704 B1	30-01-2001

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demaq Internationale No
PCT/FR 02/01253

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 B28D5/00 H01L21/00 B32B35/00

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 B28D H01L B32B

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	WO 01 10644 A (SILICON GENESIS CORP) 15 février 2001 (2001-02-15) le document en entier * en particulier: * page 5, ligne 20 -page 6, ligne 21 page 8, ligne 30 -page 9, ligne 21 page 10, ligne 5 - ligne 30 page 11, ligne 23 - ligne 24 page 16, ligne 29 -page 18, ligne 29 figures 5-7	1-5, 7-9, 11-14, 21-26
A	---	6, 10, 15, 17, 18
	-/-	

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- *T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- *X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- *Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- *Z* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

24 juillet 2002

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

31/07/2002

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5618 Patentlaan, 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 6000,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Rijks, M

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs : Membres de familles de brevets

Demande internationale No
PCT/FR 02/01253

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
NO 0110644	A	15-02-2001	US 6221740 B1	24-04-2001
			US 6263941 B1	24-07-2001
			AU 6395700 A	05-03-2001
			NO 0110644 A1	15-02-2001
			US 2002023725 A1	28-02-2002
EP 0867917	A	30-09-1998	AU 747567 B2	16-05-2002
			AU 5966298 A	01-10-1998
			CA 2233127 A1	27-09-1998
			CN 1208246 A	17-02-1999
			EP 1134790 A2	19-09-2001
			EP 0867917 A2	30-09-1998
			JP 2877800 B2	31-03-1999
			JP 11045840 A	16-02-1999
			SG 68035 A1	19-10-1999
			TW 463229 B	11-11-2001
			US 2002029849 A1	14-03-2002
			US 2002088558 A1	11-07-2002
EP 0977242	A	02-02-2000	JP 2000049061 A	18-02-2000
			JP 2000049062 A	18-02-2000
			JP 2000068172 A	03-03-2000
			EP 0977242 A2	02-02-2000
US 6050255	A	18-04-2000	US 6029943 A	29-02-2000
			US 6082057 A	04-07-2000
			AU 726613 B2	16-11-2000
			AU 5430198 A	29-05-1998
			GB 2335455 A , B	22-09-1999
			NZ 335625 A	24-11-2000
			WO 9820207 A1	14-05-1998
			US 6178704 B1	30-01-2001